

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-017388

(43)Date of publication of application : 18.01.2000

(51)Int.Cl. C22C 38/00
C22C 38/58

(21)Application number : 11-118409 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 26.04.1999 (72)Inventor : YAMAO NORITO
MURAI TERUYUKI

(30)Priority

Priority number : 10121256 Priority date : 30.04.1998 Priority country : JP

(54) OIL TEMPERED STEEL WIRE FOR SPRING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the delayed fracture resistance, corrosion resistance and fatigue resistance of steel by composing it of steel for a spring have a specified compsn. contg. C, Si, Mn and Cr, further contg. one or more kinds among Co, Cu, Ni, B and Ti, and the balance Fe with impurity elements and allowing its tensile strength to satisfy specified relation with the content of C, the content of Si and the wire diameter thereof.

SOLUTION: This steel has a compsn. contg., by weight, 0.41 to 0.90% C, 0.8 to 3.0% Si, 0.4 to 2.0% Mn and 0.5 to 2.0% Cr, furthermore contg. one or more kinds among 0.1 to 4.0% Co, 0.02 to 1.5% Cu, 0.1 to 3.0% Ni, 0.001 to 0.01% B and 0.010 to 0.400% Ti, and the balance Fe with impurities. Then, its tensile strength TS (N/mm²) satisfies the conditions of $CTS1 \leq TS \leq CTS2$ with the C content (%), the Si content (%) and the wire diameter (d) (mm), where CTS1 is expressed by the formula I, and CTS2 is expressed by the formula II.

CTS1: $10^4 \cdot d^{0.5} \cdot C^{0.5} \cdot Si^{0.5} \cdot Mn^{0.5} \cdot Cr^{0.5}$
 $\cdot Co^{0.5} \cdot Cu^{0.5} \cdot Ni^{0.5} \cdot B^{0.5} \cdot Ti^{0.5}$

CTS2: $10^4 \cdot d^{0.5} \cdot C^{0.5} \cdot Si^{0.5} \cdot Mn^{0.5} \cdot Cr^{0.5}$
 $\cdot Co^{0.5} \cdot Cu^{0.5} \cdot Ni^{0.5} \cdot B^{0.5} \cdot Ti^{0.5}$

II.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

This Page Blank (uspto)

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

This Page Blank (uspto)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-17388

(P2000-17388A)

(43) 公開日 平成12年1月18日(2000.1.18)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テマコード(参考)
C 2 2 C	38/00 38/58	3 0 1	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Y 38/58

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平11-118409	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成11年4月26日(1999.4.26)	(72) 発明者	山尾 憲人 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電 気工業株式会社伊丹製作所内
(31) 優先権主張番号	特願平10-121256	(72) 発明者	村井 照幸 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電 気工業株式会社伊丹製作所内
(32) 優先日	平成10年4月30日(1998.4.30)	(74) 代理人	100075155 弁理士 亀井 弘勝 (外2名)
(33) 優先権主張国	日本(JP)		

(54) 【発明の名称】 ばね用オイルテンパー線

(57) 【要約】

【課題】 より耐遅れ破壊性、耐食性および耐疲労性に優れたばね用オイルテンパー線を提供すること。

【解決手段】 重量%で、C: 0.41~0.90%、Si: 0.8~3.0%、Mn: 0.4~2.0%、Cr: 0.5~2.0%を含有するばね用鋼からなり、引張強さTS [N/mm²] が上記C含有率[%]、Si

含有率[%] および線径d [mm] との間に、

【数1】

$$CTS1 \leq TS \leq CTS2$$

(但し、式中、CTS1およびCTS2は下記の数式のように置き換えるものとする。)

【数2】

$$CTS1 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 55.6 \times d \text{ [mm]} + 1555.8$$

【数3】

$$CTS2 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 55.6 \times d \text{ [mm]} + 1955.8$$

となる関係を満足する線径dが7mm以下のばね用オ

イルテンパー線である。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】線径dが7mm以下のばね用オイルテンパー線において、

重量%で、C:0.41~0.90%、Si:0.8~3.0%、Mn:0.4~2.0%、Cr:0.5~2.0%を含有し、さらにCo:0.1~4.0%、Cu:0.02~1.5%、Ni:0.1~3.0%、B:0.001~0.01%、Ti:0.010~0.400%のうち一種以上を含有し、残部がFeおよび不

$$CTS1 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 5$$

$$5.6 \times d \text{ [mm]} + 1555.8$$

【数3】

$$CTS2 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 5$$

$$5.6 \times d \text{ [mm]} + 1955.8$$

【請求項2】下記に示す数式の要件を満足することを特徴とする請求項1記載のばね用オイルテンパー線。

【数4】

$$CTS1 \leq TS \leq CTS3$$

*

$$CTS3 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 5$$

$$5.6 \times d \text{ [mm]} + 1755.8$$

【請求項3】線径dが7mmを超えるばね用オイルテンパー線において、

重量%で、C:0.41~0.90%、Si:0.8~3.0%、Mn:0.4~2.0%、Cr:0.5~2.0%を含有し、さらにCo:0.1~4.0%、Cu:0.02~1.5%、Ni:0.1~3.0%、B:0.001~0.01%、Ti:0.010~0.400%のうち一種以上を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなるばね用鋼からなり、引張強さTS [N

$$CTS4 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 6$$

$$.3 \times d \text{ [mm]} + 1210.7$$

【数8】

$$CTS5 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 6$$

$$.3 \times d \text{ [mm]} + 1610.7$$

【請求項4】下記に示す数式の要件を満足することを特徴とする請求項3記載のばね用オイルテンパー線。

【数9】

$$CTS4 \leq TS \leq CTS6$$

※

$$CTS6 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 6$$

$$.3 \times d \text{ [mm]} + 1410.7$$

【請求項5】上記ばね用鋼が、重量%で、V:0.05~0.6%、Mo:0.05~0.5%、Nb:0.05~0.2%、W:0.05~0.5%のうち一種以上を含有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれに記載のばね用オイルテンパー線。

【請求項6】上記ばね用鋼が、結晶粒度番号が10以上であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれに記載のばね用オイルテンパー線。

【請求項7】重量%で、C:0.41~0.90%、Si:0.8~3.0%、Mn:0.4~2.0%、Cr:0.5~2.0%を含有し、さらにCo:0.1~4.0%、Cu:0.02~1.5%、Ni:0.1~3.0%、B:0.001~0.01%、Ti:0.010~0.400%のうち一種以上を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなり、結晶粒度番号が10以上であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれに記載のばね用オイルテンパー線。

純物元素からなるばね用鋼からなり、引張強さTS [N/mm²] が上記C含有率 [%]、Si含有率 [%] および線径d [mm] との間に、下記に示す数式の要件を満足することを特徴とするばね用オイルテンパー線。

【数1】

$$CTS1 \leq TS \leq CTS2$$

(但し、式中、CTS1およびCTS2は下記の数式のように置き換えるものとする。)

【数2】

* (但し、式中、CTS3は下記の数式のように置き換えるものとする。)

【数5】

／mm²] が上記C含有率 [%]、Si含有率 [%] および線径d [mm] との間に、下記に示す数式の要件を満足することを特徴とするばね用オイルテンパー線。

【数6】

$$CTS4 \leq TS \leq CTS5$$

(但し、式中、CTS4およびCTS5は下記の数式のように置き換えるものとする。)

【数7】

※ (但し、式中、CTS6は下記の数式のように置き換えるものとする。)

【数10】

r:0.5~2.0%を含有し、さらにCo:0.1~4.0%、Cu:0.02~1.5%、Ni:0.1~3.0%、B:0.001~0.01%、Ti:0.010~0.400%のうち一種以上を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなり、結晶粒度番号が10以上であることを特徴とするばね用オイルテンパー線。

【請求項8】上記ばね用鋼が、重量%で、V:0.05~0.6%、Mo:0.05~0.5%、Nb:0.05~0.2%、W:0.05~0.5%のうち一種以上

を含有することを特徴とする請求項7記載のばね用オイルテンパー線。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ばね用オイルテンパー線に関するものであり、特に、懸架ばね、エンジン弁ばね、トランスミッション内部で用いられるばね等の高耐疲労ばね用オイルテンパー線に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ばね用オイルテンパー線は、ばね用鋼から製造された圧延材に対して所定の線径まで冷間で伸線加工し、その後、連続的にまっすぐな状態で油焼き入れ焼きもどしを行うオイルテンパー処理を行うことにより製造されている。ところで、自動車の低燃費化に対応して近年、自動車部品の軽量化が進められている結果、たとえば、懸架ばねやエンジン弁ばね、およびトランスミッション内部で用いられるばねに求められる要求は、年々厳しくなっており、ばね用鋼には、高い耐疲労性に加え、より一層の高強度化と細径化とが求められている。

【0003】しかしながら、ばね用鋼の高強度化と細径化は、反面、耐遅れ破壊に対する感受性の増大や、腐食ピットのような微小欠陥への感受性増大といったデメリットを伴う。これらへの対策として、従来より、耐食性や耐遅れ破壊性を向上させる元素をばね用鋼に含有させる方式が知られている。このような方式では、たとえば特開平7-173577号公報、特開平7-179985号公報、特開平7-228945号公報、特開平8-295984号公報、特開平9-125197号公報、特開平9-227983号公報、特開平9-316597号公報、特開平10-25537号公報、特開平10-17985号公報に開示されているように、ばね用鋼にNi、Al、Ti、Nb、N、O、Mo、V、Cu、W、Ce、Co、B、Ca、La、Sb等の元素を含有させたり、Si、Cr、Mn、P、S等の元素の成分範囲を規定することで、ばね用鋼の耐食性および耐遅れ破壊性の向上を図っている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、鋼の耐遅れ破壊性および耐食性を考慮して、焼きもどし温度を高くすると、引張強さが低下して、耐疲労性が著しく低下し

$$CTS1 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 5.6 \times d \text{ [mm]} + 1555.8$$

【0011】

* * 【数13】

$$CTS2 = 209.6 \times C \text{ 含有率 } [\%] + 166.3 \times Si \text{ 含有率 } [\%] - 5.6 \times d \text{ [mm]} + 1955.8$$

【0012】また、ばね用オイルテンパー線が下記に示す数式の要件を満足していれば、さらに好ましい（請求項2）。

【0013】

てしまう。したがって、一口に高強度ばね用鋼といっても対応する応力範囲が広く（たとえば引張強さ1100～1500N/mm²）、前述の従来の方式のように、ばね用鋼に元素を含有したり、元素の含有量を調節するだけでは、耐遅れ破壊性、耐食性、耐疲労性の三者を十分に満たしたばね用鋼を提供することができなかった。

【0005】以上より、本発明は、より耐遅れ破壊性、耐食性および耐疲労性に優れたばね用オイルテンパー線を提供することを目的とする。

10 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者は、耐遅れ破壊性、耐食性および耐疲労性の優れたオイルテンパー線について研究した結果、ばね用鋼の成分範囲、含有元素の種類および元素の成分範囲を明確に規定した上で、鋼の引張強さと、炭素含有率、珪素含有率およびオイルテンパー線の線径との関係を規定することで、オイルテンパー線の特性が、耐遅れ破壊性、耐食性および高耐疲労性の三者を満たすことを見出した。

【0007】また、ばね用鋼の結晶粒度を規定することによって耐遅れ破壊性を向上できることを見出した。上記課題を解決するためのばね用オイルテンパー線は、線径dが7mm以下のばね用オイルテンパー線において、重量%で、C：0.41～0.90%、Si：0.8～3.0%、Mn：0.4～2.0%、Cr：0.5～2.0%を含有し、さらにCo：0.1～4.0%、Cu：0.02～1.5%、Ni：0.1～3.0%、B：0.001～0.01%、Ti：0.010～0.400%のうち一種以上を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなるばね用鋼からなり、引張強さTS [N/mm²] が上記C含有率 [%]、Si含有率 [%] および線径d [mm] との間に、下記に示す数式の要件を満足することを特徴とするばね用オイルテンパー線である（請求項1）。ここで、引張強さTSの測定方法は、JIS Z 2241の引張り試験に基づく。

【0008】

【数11】

$$CTS1 \leq TS \leq CTS2$$

【0009】（但し、式中、CTS1およびCTS2は下記の数式のように置き換えるものとする。）

40 【0010】

【数12】

【数14】

$$CTS1 \leq TS \leq CTS3$$

【0014】（但し、式中、CTS3は下記の数式のよう

50 うに置き換えるものとする。）

【0015】

* * 【数15】

$$CTS3 = 209.6 \times C \text{含有率} [\%] + 166.3 \times Si \text{含有率} [\%] - 5 \\ 5.6 \times d [\text{mm}] + 1755.8$$

【0016】また、線径dが7mmを超えるばね用オイルテンパー線において、重量%で、C: 0.41~0.90%、Si: 0.8~3.0%、Mn: 0.4~2.0%、Cr: 0.5~2.0%を含有し、さらにCo: 0.1~4.0%、Cu: 0.02~1.5%、Ni: 0.1~3.0%、B: 0.001~0.01%、Ti: 0.010~0.400%のうち一種以上を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなるばね用鋼となり、引張強さTS [N/mm²] が上記C含有率 [%]、Si含有率 [%] および線径d [mm] との間

$$CTS4 = 209.6 \times C \text{含有率} [\%] + 166.3 \times Si \text{含有率} [\%] - 6 \\ 3 \times d [\text{mm}] + 1210.7$$

【0020】

※ ※ 【数18】

$$CTS5 = 209.6 \times C \text{含有率} [\%] + 166.3 \times Si \text{含有率} [\%] - 6 \\ 3 \times d [\text{mm}] + 1610.7$$

【0021】ばね用オイルテンパー線が下記に示す数式の要件を満足していれば、さらに好ましい（請求項4）。

【0022】

【数19】

$$CTS6 = 209.6 \times C \text{含有率} [\%] + 166.3 \times Si \text{含有率} [\%] - 6 \\ 3 \times d [\text{mm}] + 1410.7$$

【0025】また、請求項5および8記載のばね用オイルテンパー線は、重量%で、V: 0.05~0.6%、Mo: 0.05~0.5%、Nb: 0.05~0.2%、W: 0.05~0.5%のうち一種以上を含有することを特徴とするものである。また、請求項6および7記載のばね用オイルテンパー線は、ばね用鋼の結晶粒度番号が10以上であることを特徴とするものである。なお、結晶粒度番号は、JIS G 0551 鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に準ずる。

【0026】結晶粒径が小さければ、ばね用鋼の靱性および耐遅れ破壊性が向上する。この効果は、結晶粒度番号が10以上で顕著に現れる。以下、本発明の構成についてそれを選択した理由を説明する。

C: 0.41~0.90重量%

Cは、鋼の強度を高めるために必須の元素であるが、0.41重量%未満では十分な強度が得られず、逆に0.90重量%を超えると結晶粒界にセメンタイトが析出し、ばねの靱性が著しく低下するので、C含有率を0.41~0.90重量%の範囲とした。

Si: 0.8~3.0重量%

Siは、置換型元素として鋼中に固溶し、鋼の強度や耐熱性を高めるのに有効な元素である。その結果、鋼の焼

に、下記に示す数式の要件を満足することを特徴とするばね用オイルテンパー線である（請求項3）。

【0017】

【数16】

$$CTS4 \leq TS \leq CTS5$$

【0018】（但し、式中、CTS4およびCTS5は下記の数式のように置き換えるものとする。）

【0019】

【数17】

$$CTS4 \leq TS \leq CTS6$$

【0023】（但し、式中、CTS6は下記の数式のように置き換えるものとする。）

【0024】

【数20】

きもどし温度を高くでき、焼きもどし時に生成する炭化物量を増加させ耐遅れ破壊性を向上させる効果がある。Si含有率が、0.8重量%未満ではその効果は十分ではなく、また、3.0重量%を超えると、Siが鋼中に固溶しきれなくなり、冷間加工時における加工性を著しく損ねるので、0.8~3.0重量%の範囲とした。

Mn: 0.4~2.0重量%

Mnは、鋼の焼入れ性を高めると共に、鋼中のSを固定する働きがあるが、Mn含有率が、0.4重量%未満ではその効果がほとんどなく、また、2.0重量%を超えるとばね用鋼の靱性が低下するので、0.4~2.0重量%の範囲とした。

Cr: 0.5~2.0重量%

Crは、Mnと同様、鋼の焼入れ性を高めるとともに焼きもどし時の軟化抵抗性を高め、鋼の強度を高めるのに効果的な元素である。Cr含有率が、0.5重量%未満ではその効果がなく、2.0重量%を超えると、Crの炭化物の鋼中への固溶を抑制する働きが強くなり、結果として鋼の強度低下を招くので、0.5~2.0重量%の範囲とした。

Co: 0.1~4.0重量%

50 Coは、固溶強化元素であり、鋼の強度を高めるととも

に耐食性を向上させる。C_o含有率が、0.1重量%未満ではその効果がなく、4.0重量%を超えると、C_oの固溶強化の効果が完全に飽和してしまうので、0.1～4.0重量%の範囲とした。0.5重量%以上で鋼の強度および耐食性は一層大きくなり、2.0重量%を超えると固溶強化の効果が飽和し始めるので、0.5～2.0重量%の範囲であればさらに好ましい。

Cu: 0.02～1.5重量%

Cuは、水素のトラップサイトとして働くので、鋼の耐遅れ破壊性を向上させる効果がある。また、Cuは、Feに対してほとんど固溶しないので、鋼中にCu単体で析出する結果、鋼の耐食性を向上させる。Cu含有率が、0.02重量%以上でこの効果が認められ、1.5重量%を超えると、高温での加工時に脆化を引き起こす恐れがあるので、0.02～1.5重量%の範囲とした。また、前記効果は、0.1重量%以上で顕著となり、1.0重量%を超えると飽和し始めるので、0.1～1.0重量%の範囲であればさらに好ましい。

Ni: 0.1～3.0重量%

Niは、鋼中に固溶することによって、鋼の耐遅れ破壊性を向上させると共に耐食性を向上させる。この効果は、Ni含有率が、0.1重量%以上で認められ、3.0重量%を超えると、Ms点の低下に伴って鋼中に生成する残留オーステナイトによって鋼の強度が低下するので、0.1～3.0重量%の範囲とした。

B: 0.001～0.01重量%

Bは、鋼の結晶粒界に集積することでP等の結晶粒界への析出を抑制し、鋼の耐遅れ破壊性および耐食性の向上に寄与する。この効果は、B含有率が、0.001重量%以上で認められ、0.01重量%を超えると、鋼の熱間加工性を著しく低下させるので、0.001～0.01重量%の範囲とした。

Ti: 0.010～0.400重量%

Tiは、窒化物および酸化物として鋼中に存在し、水素のトラップサイトとして作用するので、鋼の耐遅れ破壊性を向上させる。Ti含有率が、0.010重量%以上でこの効果が認められ、0.400重量%を超えると、鋼中の窒化物および酸化物が粗大化し、ばね用鋼を脆化させるので、0.010～0.400重量%の範囲とした。

V: 0.05～0.6重量%

Vは、焼入れおよび焼きもどし時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる元素である。V含有率が、0.05

重量%未満ではその効果は十分でなく、0.6重量%を超えると、鋼中に固溶されない粗大な炭化物が増大して、ばね用鋼の靱性を低下させるので、0.05～0.6重量%の範囲とした。

Mo: 0.05～0.5重量%

Moは、V同様、鋼中で炭化物を形成し、焼きもどし軟化抵抗を増大させる元素である。Mo含有率が、0.05重量%未満ではその効果はなく、0.5重量%を超えると、鋼中に固溶されない粗大な炭化物が増大して、ばね用鋼の靱性を著しく低下させるので、0.05～0.5重量%の範囲とした。

Nb: 0.05～0.2重量%

Nbは、鋼中で炭化物を形成し、焼きもどし軟化抵抗を増大させる元素であるが、Nb含有率が、0.05重量%未満では、その効果はほとんどなく、0.2重量%を超えると、鋼中に固溶されない粗大な炭化物が増大して、ばね用鋼の靱性を著しく低下させるので、0.05～0.2重量%の範囲とした。

W: 0.05～0.5重量%

Wは、鋼中で炭化物を形成し、焼きもどし軟化抵抗を増大させる元素であるが、W含有率が0.05重量%未満では、その効果はほとんどなく、0.5重量%を超えると、鋼中に固溶されない粗大な炭化物が増大して、ばね用鋼の靱性を著しく低下させるので、0.05～0.5重量%の範囲とした。

【0027】ばね用オイルテンパー線の引張強さには、上記の最適な範囲が存在し、その最適な引張強さは、ばね用オイルテンパー線のC含有率、Si含有率および線径に依存する。引張強さTSが、数式1および数式6の要件を満たしていないときは、ばね用オイルテンパー線の耐腐食性および耐遅れ破壊性が著しく低下する。また、特に、引張強さTSが数式1および数式6に規定する引張強さの最適範囲より小さい場合には、オイルテンパー線の耐疲労性が著しく悪い。

【0028】

【実施例】表1に示すA～Jまでの化学成分を有する試料（鋼材）を溶解し、熱処理し、伸線することによって線径4.0mmの線材とした。表1中のA、B、G、H、I、Jおよび（H-1）の試料については、線径10mmの線材も製作した。その後、線材に焼入れ焼きもどしを行った。

【0029】

【表1】

試料名	化学成分 (wt%)												
	C	Si	Mn	Cr	Co	Cu	Ni	B	Ti	V	Mo	Nb	W
A	0.55	1.41	0.71	0.71	1.5								
AA	0.56	1.38	0.69	0.72	0.4								
(A-1)	0.57	1.42	0.72	0.7									
(A-2)	0.46	0.72	0.71	0.71	1.6								
B	0.64	2.01	0.83	0.68		0.8				0.15			
BB	0.63	1.98	0.81	0.65		0.04				0.21			
(B-1)	0.64	2.04	0.82	0.67		0.01				0.25			
C	0.54	2.04	0.58	0.81			1.01						
CC	0.55	2.02	0.65	0.72			0.15						
CCC	0.54	1.48	0.84	1.05			2.21				0.21		
(C-1)	0.55	2.01	0.78	1.04			3.12				0.17		
(C-2)	0.54	1.98	0.75	0.71			0.04				0.15		
D	0.72	0.81	0.75	0.68				0.002				0.15	
DD	0.52	1.2	1.1	0.54				0.008					0.1
E	0.54	2	0.62	0.72					0.06	0.1		0.1	
EE	0.56	1.78	0.75	0.68		0.2			0.22				
F	0.67	2.02	0.81	0.82		0.15		0.004		0.1			
FF	0.54	1.43	0.84	0.78	0.25		0.57		0.06				
G	0.64	2.01	0.43	0.73					0.013				
H	0.42	1.69	1.22	1.29					0.024		0.32		
I	0.55	2.12	0.72	0.65		0.22	0.47		0.031				
J	0.54	1.89	0.84	0.89			0.38		0.042	0.14		0.07	
(H-1)	0.38	1.21	0.89	0.89	0.34				0.006				

【0030】耐遅れ破壊性を評価するために、50℃の20重量%チオシアン酸アンモニウム水溶液中で線材に1000N/mm²の一定応力を付与し、破断するまでの時間（破断時間）を測定した。また、線材の耐食性を評価するために、1000N/mm²の応力を付与した状態で、腐食試験を行い、腐食試験後の腐食ピット深さを測定した。腐食条件は、それぞれの線材に8時間塩水噴霧（SST）させた後、温度30℃、湿度70%で16時間保持させ、これを1サイクルとして、10サイクル繰り返すものである。その後、線材の表面に生成する錆ピットの最大深さを計測した。

【0031】また、それぞれの線材に、直径0.7mm

* のカットワイヤーを用いて投射速度80m/secで、

20 20分間、ショットピーニング処理を実施した後に、220℃、20分のテンパ処理を施した。その後、線材の耐疲労性を評価するために、回転曲げ疲労試験を行い、10⁷回での疲労限を求めた。なお、表1に示す試料（鋼材）の結晶粒度番号については、JIS G 0551の試験に準じ、引張強さについては、JIS Z 2241の試験に基づき測定した。これらの結果を表2～表5に示す。

【0032】

【表2】

* 30

	試料名	サンプル番号	線径 (mmφ)	引張強さ (N/mm ²)	計算値			結晶粒度番号	耐遅れ破壊試験破断時間 (hr)	最大腐食ピット深さ (μm)	疲労限 (N/mm ²)
					CTS1 (N/mm ²)	CTS2 (N/mm ²)	CTS3 (N/mm ²)				
実施例	A	1	4	1925	1638.2	2083.2	1883.2	10.8	29.0	60	1025
実施例		2	4	1824				10.8	42.0	30	1000
実施例		3	4	1925				8.6	18.5	80	1025
比較例		4	4	2122				10.9	10.5	95	1025
比較例		5	4	1596				8.9	7.5	110	800
実施例	AA	6	4	1917	1680.3	2080.3	1880.3	8.7	11.5	70	1025
実施例		7	4	1785				12.2	31.0	70	1000
実施例		8	4	1785				8.8	17.5	90	1000
実施例		9	4	2107				11.4	10.5	90	1050
比較例		10	4	1620				8.8	8.5	150	825
比較例	(A-1)	11	4	1820	1689.0	2089.0	1889.0	11.4	5.5	130	1000
比較例	(A-2)	12	4	1549.6	1549.6	1949.6	1749.6	10.2	17.0	110	875
実施例	B	13	4	2105	1801.8	2201.8	2001.8	11.5	34.0	70	1150
実施例		14	4	1915				10.8	48.0	80	1150
比較例		15	4	2230				8.6	7.5	135	1200
比較例		16	4	1742				9.6	20.0	120	925
実施例		17	4	2020				11.2	24.0	80	1175
実施例	BB	18	4	1940	1794.7	2194.7	1994.7	10.5	33.5	80	1175
実施例		19	4	2276				10.5	11.0	95	1200
比較例		20	4	1635				8.9	9.5	115	925
比較例	(B-1)	21	4	1957	1808.8	2208.8	2008.8	11.4	9.5	140	1175

【0033】

【表3】

	試料名	サンプル 番号	線径 (mmφ)	引張強さ (N/mm ²)	計算値			結晶粒 度番号	耐遅れ破壊試 験破断時間 (hr)	最大腐食 ピット深さ (μm)	疲労限 (N/mm ²)
					CTS1 (N/mm ²)	CTS2 (N/mm ²)	CTS3 (N/mm ²)				
実施例	C	22	4	2078	1785.8	2185.8	1985.8	10.5	36.0	50	1025
実施例		23	4	1944				11.2	44.0	40	1000
実施例		24	4	2065				9.2	17.0	70	1025
比較例		25	4	2238				8.7	5.0	120	1050
比較例		26	4	1625				9.4	9.0	105	875
実施例	CC	27	4	2065	1784.6	2184.6	1984.6	11.5	21.0	90	1050
実施例		28	4	1912				11.1	31.0	80	1025
実施例		29	4	1925				8.9	11.5	95	1025
比較例		30	4	1715				9.4	9.0	100	900
実施例		31	4	2055				10.5	20.0	40	1000
実施例	CCC	32	4	1806	1692.7	2092.7	1892.7	10.4	27.0	50	1000
実施例		33	4	2142				11.4	12.0	90	1050
比較例		34	4	1676				9.6	8.5	80	900
比較例		(C-1)	35	1912	1782.9	2182.9	1982.9	10.8	18.0	30	925
比較例		(C-2)	36	1910	1776.9	2175.9	1975.9	11.0	6.5	130	1050
実施例	D	37	4	1955	1619.0	2019.0	1819.0	11.0	24.0	70	1150
実施例		38	4	1869				10.2	31.0	90	1125
比較例		39	4	2130				9.8	3.0	100	1175
比較例		40	4	1576				8.9	8.0	90	950

【0034】

* * 【表4】

	試料名	サンプル 番号	線径 (mmφ)	引張強さ (N/mm ²)	計算値			結晶粒 度番号	耐遅れ破壊試 験破断時間 (hr)	最大腐食 ピット深さ (μm)	疲労限 (N/mm ²)
					CTS1 (N/mm ²)	CTS2 (N/mm ²)	CTS3 (N/mm ²)				
実施例	DD	41	4	1950	1642.0	2042.0	1842.0	11.5	28.0	60	1075
実施例		42	4	1810				11.0	38.0	70	1050
実施例	E	43	4	2042	1779.2	2179.2	1979.2	10.5	24.0	50	1100
実施例		44	4	1942				11.5	35.0	50	1075
実施例	EE	45	4	2058	1767.2	2167.2	1967.2	11.8	31.0	70	1075
実施例		46	4	1932				12.8	48.0	80	1050
実施例	F	47	4	2100	1809.8	2209.8	2009.8	11.2	42.0	40	1125
実施例		48	4	1988				11.6	64.0	40	1100
実施例	FF	49	4	2045	1684.4	2084.4	1884.4	10.5	45.0	50	1075
実施例		50	4	1855				10.6	66.0	50	1050
実施例	G	51	4	1896	1801.8	2201.8	2001.8	11.5	32.0	70	1075
実施例		52	4	2155				12.5	25.0	65	1150
実施例		53	4	2089				8.8	13.0	85	1100
実施例		54	4	2257				11.8	14.0	65	1150
比較例		55	4	2270				8.6	7.5	110	1150
比較例	H	56	4	1812	1702.5	2102.5	1902.5	9.8	10.0	85	850
実施例		57	4	1860				10.8	40.0	60	1100
実施例	I	58	4	2083	1801.24	2201.24	2001.24	12.8	30.0	65	1175
実施例		59	4	1987				11.4	20.0	75	1125
実施例		60	4	2122				12.8	17.0	75	1175

【0035】

【表5】

	試料名	サンプル 番号	線径 (mmφ)	引張強さ (N/mm ²)	計算値			結晶粒 度番号	耐遅れ破壊試 験破断時間 (hr)	最大腐食 ピット深さ (μm)	疲労限 (N/mm ²)
					CTS4 (N/mm ²)	CTS5 (N/mm ²)	CTS6 (N/mm ²)				
実施例	A	61	10	1852	1497.5	1897.5	1697.5	10.8	23.0	60	1025
実施例		62	10	1654				11.2	35.0	40	1000
実施例		63	10	1936				11.8	11.0	85	1100
比較例	B	64	10	1358	1616.1	2016.1	1816.1	9.8	13.5	120	700
実施例		65	10	1950				11.5	30.0	70	1075
実施例		66	10	1750				11.2	43.0	70	1100
比較例		67	10	2081				8.6	4.0	130	1125
比較例		68	10	1540				9.2	11.5	120	875
実施例	G	69	10	1765	1616.1	2016.1	1816.1	12.4	28.0	60	1100
実施例		70	10	1987				11.8	24.0	65	1150
実施例		71	10	2087				12.8	14.0	75	1175
比較例		72	10	2084				8.6	7.5	100	1175
実施例	H	73	10	1687	1516.8	1916.8	1716.8	11.9	36.0	60	1075
実施例		74	10	1878				11.8	23.0	60	1100
実施例	I	75	10	1728	1615.5	2015.5	1815.5	10.9	39.0	75	1075
実施例		76	10	1734				9.2	17.0	65	1075
実施例		77	10	1876				11.4	29.0	65	1100
実施例		78	10	2098				12.2	15.0	75	1175
実施例		79	10	1920				9.4	11.0	90	1125
比較例		80	10	2034				9.3	8.0	105	1150
実施例	J	81	10	1680	1575.2	1975.2	1775.2	10.6	24.0	75	1075
実施例		82	10	1890				10.3	14.0	75	1100
比較例	(H-I)	83	10	1589	1428.57	1828.57	1628.57	11.1	6.5	105	1000
比較例		84	10	1789				10.8	4.5	100	1075

【0036】表2から表5に示すように、本発明の実施例（サンプル番号1～4、6～9、13、14、17～19、22～24、27～29、31～33、37、38、41～54、57～63、65、66、69～71、73～79、81、82）によるものは、全て耐遅れ破壊試験の破断時間が10時間以上、最大腐食ピット深さ100μm未満、且つ、疲労限が1000N/mm²以上と、優れた耐遅れ破壊性、耐食性、および優れた耐疲労性を有している。

【0037】また、本発明の実施例の中でも、結晶粒度が同程度の場合、引張強さがCTS1以上CTS3以下である線材（請求項2を満たす線材（サンプル番号2、8、23、28、32、46、50、51））は、引張強さがCTS3を超えてCTS2以下の線材（サンプル番号1、6、22、27、31、45、49、52）と比較して、耐遅れ破壊試験の破断時間が長く、より優

れた耐遅れ破壊性を有している。

【0038】また、表5を参照して、結晶粒度が同程度の場合、引張強さがCTS4以上CTS6以下である線材（請求項4を満たす線材（サンプル番号62、69、75、76、81））は、引張強さがCTS6を超えてCTS5以下の線材（サンプル番号61、70、77、79、82）と比較して、耐遅れ破壊試験の破断時間が長く、より優れた耐遅れ破壊性を有している。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、鋼の成分範囲、含有元素の種類および元素の成分範囲を明確に規定した上で、鋼の引張強さと、炭素含有率、珪素含有率およびオイルテンパー線の線径との関係を規定することで、耐遅れ破壊性、耐食性および高耐疲労性の優れたばね用オイルテンパー線を提供することができる。